

Chemik rozpala ogień

Iwona Orlińska
Krzysztof Orliński

Popularyzacją wiedzy chemicznej wśród naszych uczniów powinniśmy zajmować się nie tylko podczas zajęć szkolnych. Polecamy zwłaszcza wycieczki, gdy młodzież nie stresuje się ocenianiem, a wiadomości przekazane w formie zabawy łatwiej „wchodzą do głowy” niż na lekcjach. W naszym artykule przedstawiamy propozycje trzech prostych doświadczeń dotyczących tytułowego rozpalania ognia. Eksperymenty uatrakcyjnią piknik połączony z ogniskiem, czyli typową jednodniową wycieczkę z klasą.

Chemiczny plener

Na otwartej przestrzeni jest możliwe wykonanie eksperymentów, których nie przeprowadzimy w szkole, np. przebiegających z wydzielaniem dużej ilości produktów gazowych lub sypkich. Dla przykładu wymienimy znane wszystkim z pokazów i pikników naukowych:

- wulkan chemiczny – termiczny rozkład dichromianu (VI) amonu $(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7$;
- chemiczna lokomotywa – rozkład perhydrolu (30% roztwór nadtlenku wodoru H_2O_2) pod wpływem katalizatora (np. jodku potasu KI lub dichromianu(VI) potasu $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) przeprowadzony w cylindrze;
- pasta do zębów dla słonia – jak wyżej, do perhydrolu należy dodać płynu do mycia naczyń.

Powyższe eksperymenty są bardzo atrakcyjne, a na zewnątrz można je zrealizować w większej skali (oczywiście i tym razem należy zachować umiar i rozsądek). Ich wykonanie wiąże się jednak z zabraniem ze sobą potrzebnych odczynników i szkła laboratoryjnego, a następnie posprzątaniem otoczenia. Pamiętajmy również o zachowaniu zasad BHP: obowiązują ochronne okulary lub przyłbica zakrywająca całą twarz oraz rękawice chroniące skórę dłoni. Szczegółowe opisy doświadczeń są dostępne w literaturze

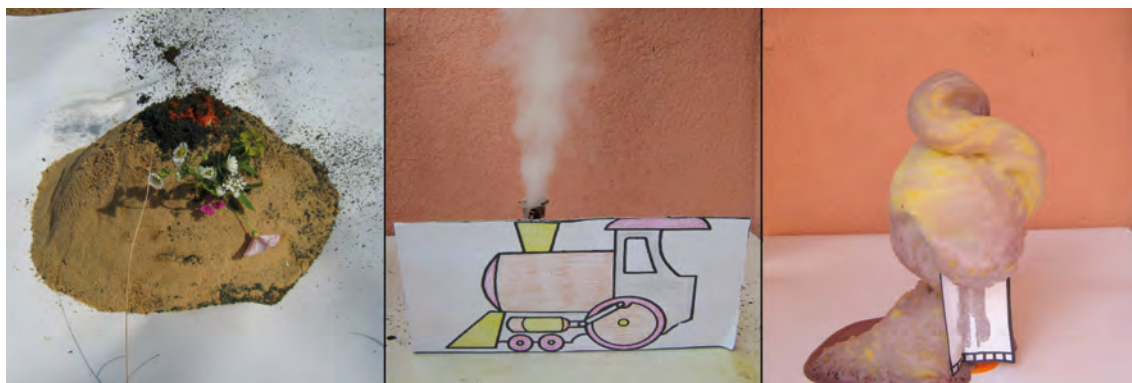
(np. w [1]) i zasobach Internetu. Jeżeli jednak nie mamy zamiaru przeprowadzać powyższych eksperymentów, zawsze można pokazać, ...

...jak rozpalic ognisko bez zapalek.

Zapałki w znanej współcześnie postaci liczą niespełna 200 lat, ale człowiek radził sobie z rozpalaniem ognia od znacznie dawniejszych czasów, liczonych w dziesiątkach tysięcy lat. Przy czym mówimy tu o umiejętności samodzielnego rozniecania ognia, a nie tylko podtrzymywania płomienia pojawiającego się w wyniku uderzenia pioruna (to z kolei umiejętność liczona już w setkach tysięcy lat).

Do rozpalenia ognia potrzebne są trzy elementy: tlen (jest w powietrzu), palna substancja (i ją łatwo można znaleźć) oraz lokalne podniesienie temperatury powyżej temperatury zapłonu (wtedy reakcja dalej będzie już samorzutnie). Najdawniejsze sposoby wykorzystywały fizykę, a ściślej ciepło wydzielające się pod wpływem tarcia, np. dwóch kawałków drewna o siebie. Prymitywnym plemionom do dziś rozpalanie ognia tym sposobem ułatwia łuk ogniowy: w cięciwę łuku włożony jest drewniany pręt, ręka trzyma jeden z końców pręta, a drugi znajduje się w otworze zrobionym w kawałku drewna. Szybkie ruchy łuku powodują obrót pręta i wytworzenie wysokiej temperatury we wgłębieniu, do którego wystarczy przytknąć np. wysuszoną trawę. Łuk ogniowy jest stosowany także we współczesnym surwiwalu.

Również w zamierzonej przeszłości zauważono, że niektóre kamienie iskrzą przy uderzeniu podczas ich obróbki. Dzięki spostrzegawczości naszego praprzodka przez tysiące lat ogień rozpalano uderzając kawałkiem krzemienia w piryt. Po wiekach złoisty minerał zastąpiono kawałkiem żelaza, uderzenie metalu (krzesiwa) w krzemień powodowało wytworzenie iskier, które – padając na odpowiednio przygotowaną podpałkę (hubkę, nazwa pochodzi od rosnącego na drzewach grzyba, którego wysuszony miąższ jest łatwopalny) – wzniecały płomień. Krzesiwa to również element surwiwalowego ekwipunku.



Plenerowe doświadczenia (od lewej): wulkan chemiczny, lokomotywa, pasta dla słonia.

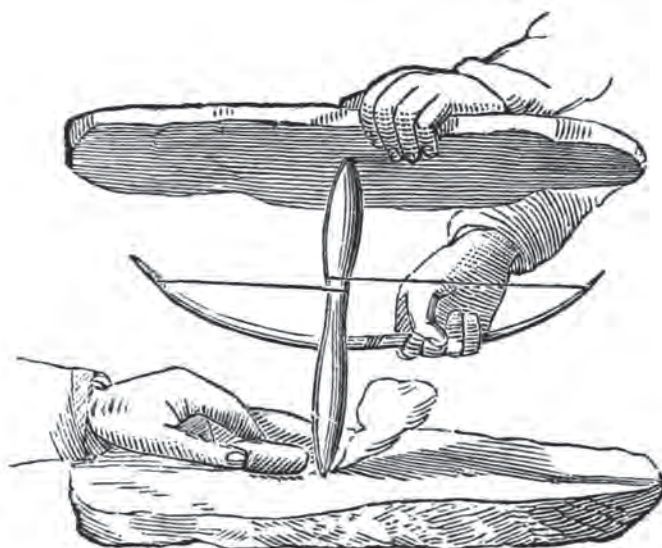
Inne techniki wykorzystują ciepło skupionych promieni słonecznych. Do rozpalenia ognia wystarczy ciepłota trzymania soczewki, dawniej używano rybich pęcherzy wypełnionych wodą. Według *surwiwalowych lifehacków* sprawdzą się również plastikowe butelki lub torebki, ale w naszym klimacie nie zawsze można liczyć na pogodne niebo. Poradniki przetrwania polecają także użycie baterii i stalowej waty – przepływ prądu powoduje podniesienie temperatury metalu na tyle, że można zapalić materiał organiczny (chusteczkę jednorazową, suche elementy roślin).

Sposoby te pozostawmy jednak koleżance lub koledze uczącym fizyki, naszą domeną będą reakcje chemiczne powodujące zapłon. Wspólne chwile przy płonącej już ognisku warto urozmaicić opowieścią o tym, że ...

...chemia zaczęła się od ognia.

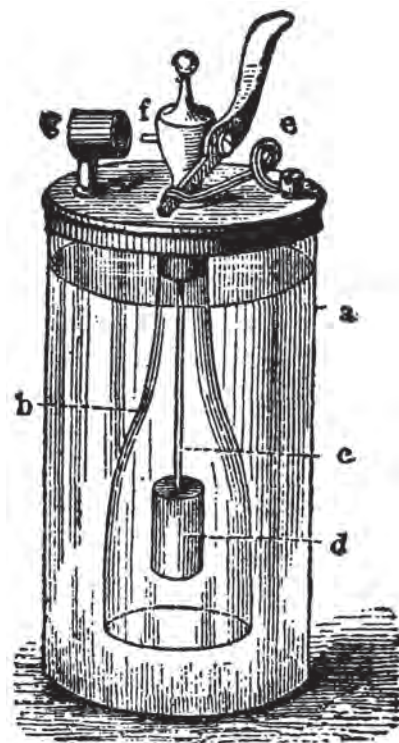
To dzięki opanowaniu tego żywiołu możliwe stały się pierwsze praktyczne zastosowania chemii: wytop metali z rud oraz produkcja szkła i ceramiki. Piec stanowił serce każdej alchemicznej pracowni, a i dziś, mimo powszechnego stosowania ogrzewania elektrycznego, a nawet mikrofalowego, palnik gazowy to nieodzowny sprzęt w wielu laboratoriach chemicznych.

Już w zamierzchłych czasach zauważono, że do podtrzymywania ognia potrzebne jest powietrze. Jednak ograniczona ilość powietrza była w stanie umożliwić palenie tylko przez pewien czas. Spostrzeżenie to sugerowało obecność w atmosferze czynnika podtrzymującego ogień, który w dodatku zużywał się podczas spalania. Dziś już wiemy, że czynnikiem tym jest tlen, do którego odkrycia przyczynił się również najślawniejszy polski alchemik – Michał Sędziwój [2]. Z obserwacji, że pozostałość po spalaniu substancji organicznych i węgla waży znacznie mniej niż paliwo, wyciągnięto jednak inny wniosek: spalana substancja traci jakiś składnik. W końcu XVII wieku nazwano go flogistonem (z gr. *phlogistos* = palny) i uwa-



Łuk ogniowy. Licencja Wikimedia Commons

Lampa Döbereinera. W szklanym naczyniu (a) znajduje się kwas siarkowy oraz butelka bez dna (b). W butelce na drucie (c) zawieszony jest kawałek cynku (d). Butelka wypełniona jest gazem, który uniemożliwia dostanie się kwasu do jej wnętrza. Podniesienie zaworu (e) powoduje wypływ gazu przez dyszę (f), kwas dostaje się wtedy do butelki i reaguje z cynkiem z wydzieleniem wodoru. Wypływający gaz zapala się na katalizatorze platynowym (g). Po zamknięciu zaworu ciśnienie gazu wypycha kwas z butelki i wydzielenie wodoru ustaje. Licencja Wikimedia Commons.



żano, że wchodzi w skład każdego ciała palnego. Podczas spalania oraz oddychania ludzi i zwierząt miał on przechodzić do powietrza. Gdy zaś powietrze nasyciło się flogistonem, ogień wygasał, a powietrze nie nadawało się do oddychania. Zużyte powietrze było regenerowane przy udziale roślin, które pochłaniały flogiston i wbudowywały go w swoje tkanki (zauważmy, że w ten sposób działa obieg węgla w przyrodzie, w idei flogistonu tkwiło więc ziarno prawdy). Procesy, które dziś nazwiemy reakcjami utleniania-redukcji, takie jak spalanie, rdzewienie czy oddychanie (te dwa ostatnie uważano za powolne spalanie), interpretowano jako przechodzenie flogistonu z jednej substancji do drugiej. Dla przykładu: metal ogrzewany na powietrzu wydzielał flogiston i zamieniał się w niepalną ziemię (jak wtedy nazywano tlenek tego metalu). Gdy zaś ogrzewano tak powstałą ziemię (a także rudę metalu) z zawierającym dużo flogistonu węglem, czynnik ten z węglem przechodził do tlenku metalu, ponownie tworząc czysty metal. Teoria na pozór prezentowała się logicznie, tłumaczyła wiele zjawisk oraz zapoczątkowała rozwój przemysłu chemicznego (na jej podstawie opracowano technologię produkcji kwasu siarkowego metodą komorową). Powszechniejsze użycie wagi w XVIII-wiecznych pracowniach chemików spowodowało jednak zakwestionowanie teorii flogistonowej. Okazało się, że otrzymana ziemia waży więcej niż metal, z którego powstała, a w ujemną masę flogistonu nikt już w tych czasach nie wierzył. Gdy w bilansie masy substratów i produktów uwzględniono również substancje gazowe (do tej pory wymykające się badaczom), wyjaśnienie było tylko kwestią czasu. Antoine Laurent de Lavoisier dowiódł, że spalanie to nie utrata flogistonu, lecz łączenie się substancji z tlenem. Od wyjaśnienia tajemnic spalania w końcu XVIII wieku rozpoczęła się nowoczesna chemia.

Chemiczne zapalniczki

Zanim do powszechnego użycia weszły zapalniczki, wynaleziono chemiczne zapalniczki. Nie były one jednak wygodne w użyciu i wymagały niebezpiecznych reagentów. W początkach XIX wieku popularność zdobyła lampa Döbereinera (autora prawa triad). W urządzeniu wykorzystano fakt samorzutnego zapalania się wodoru, otrzymanego w reakcji kwasu siarkowego(VI) H_2SO_4 z cynkiem, na katalizatorze platynowym. Pierwowzorem znanych dziś zapalek były zaś drewniane patyczki nasyczone chloranem(V) potasu $KClO_3$, które w celu zapalenia zanurzano w stężonym roztworze H_2SO_4 .

Chemik bez trudu wskaże reakcje, w których dochodzi do zapalenia substancji, np. potasu z wodą. Nasze biwakowe zapalniczki muszą być jednak w miarę bezpieczne w użytkowaniu (przy zachowaniu zasad BHP), a odczynniki do ich wykonania – tanie, łatwo dostępne i nietoksyczne.

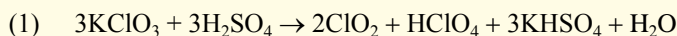
Poniżej proponujemy trzy przykładowe eksperymenty z chemicznymi zapalniczkami, ale przed ich wypróbowaniem podczas wycieczki, zapoznajmy się najpierw z lokalnymi przepisami dotyczącymi rozpalania ognisk. Pamiętajmy, że nie wolno używać ognia w lesie, bo może skończyć się to dotkliwym mandatem, nie wspominając już o możliwości wybuchu pożaru. Na leśnych parkingach często znajdują się specjalnie przygotowane paleniska – tam można rozpałić ognisko. Dozwolone jest to również na własnym terenie lub podczas biwaku w odległości nie mniejszej niż 100 metrów od lasu. Zawsze należy zadbać, aby w pobliżu nie było łatwopalnych przedmiotów, nie należy także pozostawiać ognia bez nadzoru. Po zakończeniu biwaku wygasłe palenisko zalewamy wodą lub zasypujemy piaskiem. Zastosujmy się do przepisów przeciwpożarowych tak, aby klasowe ognisko kojarzyło się wszystkim z miłym spędzeniem czasu i oczywiście ciekawymi eksperymentami.

Doświadczenie 1.

Odczynniki: chloran(V) potasu $KClO_3$ (popularnie chloran potasu lub kalichlorek), stężony roztwór kwasu siarkowego(VI) H_2SO_4 , sacharoza (cukier spożywczy).

Wykonanie doświadczenia: na papier nasyp zmieszane razem chloran(V) potasu i cukier, a następnie przy pomocy bagietki nanieś na mieszaninę kroplę stężonego roztworu kwasu siarkowego(VI). Jeżeli jest to próba przed zapaleniem ogniska, papier umieść na niepalnym podłożu, np. w dużej parownicy. Pamiętaj o zachowaniu bezpiecznej odległości od łatwopalnych substancji oraz o przygotowaniu podręcznych środków gaśniczych, np. piasku czy starego koca. Jeżeli chcesz rozpałić ognisko, papier umieść pod ułożonym drewnem tak, jak standardowo się je rozpała.

Obserwacje: pod wpływem stężonego roztworu H_2SO_4 , mieszanina zaczyna płonąć, a od płomienia zapala się papier. Na początku reakcji można zauważyć żółtawe zabarwienie – powstaje tlenek chloru(IV) ClO_2 , substancja o silnym działaniu utleniającym: [3]



Ponieważ posługujesz się stężonym roztworem H_2SO_4 , pamiętaj o zakryciu oczu okularami lub przyłbicą oraz ochronie skóry rąk rękawicami z gumy lub tworzywa sztucznego. Do rozpalenia ogniska wystarczy szczypta mieszaniny chloranu potasu z cukrem – większa ilość może nawet eksplodować. Podczas II wojny światowej reakcja była stosowana w prostych zapalniczkach konstruowanych przez ruch oporu. Oddajmy głos panu Stefanowi Sękowskiemu (1925-2012), żołnierzowi AK i znanemu popularyzatorowi chemii: [4]

Kwas siarkowy był oddzielony metalową blaszką od mieszaniny chloranu potasu z cukrem, dalej znajdowała się magnezja i termit. Grubość blaszki była tak dobrana, że kwas siarkowy przeżerał ją w ciągu 1/2 - 1 godziny i rozpoczynały się reakcje prowadzące do zapalenia się termitu.

Doświadczenie 1: dotknięcie mieszaniny chloranu(V) potasu z cukrem bagietką zanurzoną w kwasie siarkowym(VI) powoduje gwałtowną reakcję prowadzącą do zapalenia się papieru.

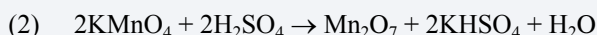


Doświadczenie 2.

Odczynniki: manganian(VII) potasu KMnO_4 (popularnie nadmanganian potasu lub kali), stężony roztwór kwasu siarkowego(VI) H_2SO_4 , aceton lub zmywacz lakieru do paznokci.

Wykonanie doświadczenia: kawałek papieru (np. chusteczkę higieniczną) zwilż niewielką ilością acetonu lub zmywacza. Koniec szklanej bagietki zanurz w roztworze H_2SO_4 , a następnie włóż do pojemnika z nadmanganianem potasu tak, aby przykleiło się kilka kryształów. Dotknij końcem bagietki do papieru. Uwagi dotyczące zasad BHP są takie same, jak w doświadczeniu 1.

Obserwacje: papier po chwili zajmuje się ogniem. Pod wpływem stężonego roztworu H_2SO_4 dochodzi do rozkładu nadmanganianu potasu i utworzenia tlenku manganu(VII) Mn_2O_7 , substancji o równie silnych jak tlenek chloru(IV) właściwościach utleniających: [5]



Kolejne etapy doświadczenia 2: chusteczkę jednorazową zwilż acetonem lub zmywaczem; dotknij papier bagietką zwilżoną stężonym roztworem kwasu siarkowego z przyklejonymi kryształami nadmanganianu potasu; chusteczka zapala się.

Mechanizmy reakcji w doświadczeniach 1 i 2 są analogiczne: rozkład soli i odwodnienie powstającego kwasu pod wpływem stężonego roztworu H_2SO_4 (dodatkowo w pierwszym doświadczeniu kwas dysproporcjonuje). Tlenki, które wydzielają się po odwodnieniu kwasów, mają tak silne właściwości utleniające, że dochodzi do zapłonu materiału organicznego. Obie próby niosą jednak pewne zagrożenie ze względu na konieczność posługiwania się żrącym roztworem kwasu, dlatego też ich wykonaniem powinniśmy zająć się sami. Natomiast przeprowadzenie kolejnego eksperymentu pozostawmy uczniom.

Doświadczenie 3.

Odczynniki: manganian(VII) potasu KMnO_4 , gliceryna $\text{C}_3\text{H}_5(\text{OH})_3$ (propano-1,2,3-triol lub glicerol).

Wykonanie doświadczenia: kryształy nadmanganianu potasu utrzyj w moździerzu na proszek i nasyp na kartkę. Na powierzchnię proszku nalej kilka kropli gliceryny. Tym razem nie posługujesz się stężonym roztworem kwasu siarkowego(VI), ale podczas wykonywania próby w parownicze również zachowaj zasady bezpieczeństwa przeciwpożarowego. [1, 6]

Obserwacje: widoczny jest biały dym, a potem płomień, od którego zapala się papier.



Doświadczenie 3: zwilżenie proszku nadmanganianu potasu gliceryną powoduje jej zapłon.

Nadmanganian potasu to odczynnik stosowany m.in. do utleniania związków organicznych. Jedną z rodzin związków, szczególnie wrażliwych na jego działanie, są alkohole wycinalne, czyli alkohole z grupami OH przyłączonymi do sąsiadujących atomów węgla [7]. W doświadczeniu można zaobserwować, jak energicznie reaguje gliceryna, która również należy do tej grupy związków. Pakiety survivalowe często zawierają niezbędnik do rozpalenia ognia: utarty na proszek nadmanganian potasu w foliowej torebce i buteleczkę gliceryny.

Literatura

- [1] Orliński K., *Chemiczne rozpoczęcie nowego roku szkolnego*, „Chemia w Szkole”, nr 4/2011, s. 45-48.
- [2] Orlińska I., *Odkrycie tlenu*, „Chemia w Szkole”, nr 5/2016, s. 38-43.
- [3] Bielański A., *Podstawy chemii nieorganicznej*, wydanie szóste zaktualizowane i uzupełnione, Warszawa, 2013, s. 593.
- [4] *Wywiad ze Stefanem Sękowskim*, „Kurier chemiczny”, nr 5/1994, s. 34-36. Dostęp online: <http://chemfan.pg.gda.pl/Publikacje/WywiadS.html>
- [5] Bielański A., *op. cit.*, s. 941.
- [6] Orlińska I., *Chemia na weselo*, „Chemia w Szkole”, nr 4/2014, s. 27-34.
- [7] Morrison R. T., Boyd R. N., *Chemia organiczna. Tom 1*, Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa, 1985, s. 257, 270.

Mgr Iwona Orlińska
I Liceum Ogólnokształcące im. KEN w Końskich
Mgr Krzysztof Orliński
Zespół Szkół Ponadpodstawowych nr 3 w Końskich